

Metodología para Inventario de Humedales

METHODOLOGY FOR INVENTORY OF WETLANDS

Ing. Agrim. Laura Podestá

lpodesta@fing.edu.uy

Ing. Agrim. Rosario Casanova

casanova@fing.edu.uy

Ing. Agrim. Juan Ignacio Beyhaut

Ing. Agrim. Rafael Boix

Instituto de Agrimensura - Facultad de
Ingeniería - Universidad de la República
Uruguay

Abstract

An automated methodology for the inventory of wetlands in Uruguay was designed, defining a specific technical criteria for their determination. It was necessary to use a combination of procedures and technological tools (Remote Sensing, Digital Photogrammetry, GIS) to process the available information. The following data has been considered: very low sloped terrains (out of a digital terrain model), soils with characteristic moisture behavior, basins and areas with hydrophilic vegetation (using satellite images classification). All these variables have been combined in a categorization algorithm to produce specific thematic cartography.

Keywords: detection of wetlands, remote sensing

1. Desarrollo

La toma de conciencia colectiva de los problemas ambientales derivados del modelo global de desarrollo, ha llevado a estos a un primer plano de atención, transformándolos en un desafío ineludible para las sociedades modernas.

Estudios recientes demuestran que en los últimos 30 años, el 30% de las regiones naturales del planeta, se han venido deteriorando en forma alarmante. Las presiones humanas exceden la capacidad de regeneración que posee la biosfera, encaminándose hacia un inminente debacle ambiental, a menos que se logre un cambio sostenible en los patrones de consumo.

No ajenos a esta problemática, se encuentran los humedales, ecosistemas de gran beneficio para la sociedad, tanto por sus características endógenas como

por los servicios ambientales que brindan. Se definen como todo ecosistema ubicado en una extensión cubierta de agua, permanente o temporal, de régimen natural o artificial, dulce, salobre o salada. Desde la década del 70, los humedales se han revalorizado, dejando atrás el viejo concepto de áreas improductivas e insalubres. Un ejemplo claro de esto es la obtención de agua potable, considerado uno de los problemas ambientales más importantes de los próximos años y necesariamente relacionado con el mantenimiento de ecosistemas sanos.

La necesidad de su conservación, obliga a desarrollar planes de manejo y gestión que tiendan a su utilización sostenible con un enfoque integrado que considere, además, los distintos ecosistemas asociados del entorno. Para ello es necesario contar con un inventario, en particular, de los humedales existentes en la zona a gestionar. No obstante, en Uruguay,

aún no existe un inventario nacional, sino estudios aislados realizados por diferentes Facultades, Instituciones Públicas y Privadas.

Para el diseño de la metodología automatizada para inventariar humedales se adoptó un criterio técnico y se realizó la aplicación de combinaciones de diferentes procedimientos y herramientas tecnológicas sobre las variables que conforman el mismo. Herramientas como los SIG para, en primera medida, generar y manipular cartografía específica, como ser de baja pendiente derivada de un modelo digital de terreno, cartografía de suelos con características de retención de agua, cartografía de área de influencia de los cursos de agua, así como de vegetación hidrófila obtenida mediante la técnica de clasificación de imágenes satelitales.

Finalmente, a modo de representar la detección realizada de humedales nacionales, se diseña un algoritmo para su cate-

gorización en función de su convergencia a las diferentes variables precedentes, permitiendo generar cartografía temática específica de todo el país.

Complementariamente, se aplicó la metodología diseñada en una zona piloto. Lo que permitió la generación de una primera experiencia de la que se obtuvieron conclusiones y recomendaciones para su futura utilización.

Criterio Técnico: El criterio técnico adoptado consiste en que en una misma superficie se den las siguientes características, que serán las variables del criterio técnico:

- a) Topografía de baja pendiente
- b) Suelos aptos
- c) Influencia de la red hidrográfica
- d) Vegetación hidrófila

Se puede aseverar que el área ocupada simultáneamente por las cuatro variables contendrá sin lugar a dudas un humedal, lo cual no significa que su extensión se vea limitada a esta condición. En el ecosistema humedal, no todas las variables ocuparán el 100% de su extensión.

Un ejemplo de esto, son las áreas cubiertas por espejos de agua, que no necesariamente presentan vegetación hidrófila y sin embargo forman parte del ecosistema.

En resumen, en el caso de verificarse la condición de las cuatro variables sobre una misma región, se puede asegurar que se ha detectado un humedal pero no se puede afirmar que esa superficie concuerde con la extensión total del ecosistema detectado.

A continuación se describirán las cuatro variables consideradas.

a) Topografía de baja pendiente

Según la definición adoptada los humedales, se pueden resumir como: “todo ecosistema ubicado en una extensión cubierta de agua (natural, artificial, dulce, etc.) permanente o temporal”.

Estas condiciones de agua permanente o temporal se dan en suelos de bajas pendientes, principalmente por la falta de velocidad de escurrimiento. Es por eso que ésta será la variable principal del criterio y será considerada impres-

cindible para la existencia de un humedal.

b) Suelos aptos

Junto con la topografía de baja pendiente, los suelos serán otra variable que influya en la permanencia del agua en la región.

Los suelos que se denominarán como “aptos” serán los que posean características de retención de agua. La cantidad de agua presente en el suelo está directamente relacionada al tamaño y distribución de los poros y a la atracción que ejerce la fracción sólida sobre la humedad.

De todas formas, esta variable no será imprescindible para la existencia de humedal, pudiendo haber zonas del ecosistema que no cumplan con esta condición.

c) Influencia de la red hidrográfica

De la definición se deduce que los humedales son “todo ecosistema ubicado en una extensión cubierta de agua permanente o temporal...”.

Para que una extensión esté cubierta de agua, es necesario un curso de agua cercano al cual escurra o del cual provenga el agua (caso de inundaciones).

De todas formas, esta variable tampoco será imprescindible para la existencia de humedal, pudiendo haber zonas del ecosistema que no cumplan esta condición.

d) Vegetación hidrófila

Si no hay vegetación, no hay ecosistema y entonces se está fuera de la definición. Es por esto que la vegetación debe estar necesariamente presente en todo o parte del humedal.

Como son extensiones cubiertas de agua permanente o temporal, la vegetación que se desarrolla es hidrófila.

Del criterio técnico adoptado surgen los elementos del ambiente que deben ser modelados y que forman parte del complejo sistema que son los humedales.

La obtención de dicha información en formato digital y en un mismo sistema cartográfico permitirá realizar un análisis espacial para diseñar una metodología que los detecte.

2. Metodología obtenida

Insumos a utilizar:

- * Imagen Landsat 7
- * Modelo derivado de pendientes en formato vectorial.
- * Capa de influencia de la red hidrográfica.
- * Capa de suelos con características de retención de agua.
- * Software: ArcView GIS 3.2 de Esri, Imagine 8.4 de Erdas, Excel de Microsoft Office.
- * Hardware: Computadora con procesador de 1.5Mhz y 512 MB de memoria RAM.

Toda la información cartográfica utilizada se encuentra en el sistema de referencia geodésico local ROU-USAMS1.

Vegetación Hidrófila

Para la generación de la capa vegetación hidrófila se proponen los siguientes pasos:

a) Clasificación no supervisada en 15 clases de la imagen sobre las bandas 3-4-5.

b) Selección de las clases que describen la vegetación hidrófila por parte del operador o equipo de trabajo, según el “conocimiento” que se tenga. El mismo puede basarse en:

- * Conocimiento propio (experiencia previa) o por visita de campo (muestreo).
- * Fotointerpretación de fotos aéreas.
- * Interpretación de imágenes satelitales de resolución geométrica suficiente (por ejemplo IKONOS).

c) Vectorización del mapa temático raster y obtención de la capa vegetación hidrófila.

Topografía de baja pendiente

El objetivo de esta etapa es generar una representación de las extensiones con baja pendiente

Pasos para la obtención de los polígonos de bajas pendientes:

1. Se partió del modelo digital de terreno (MDT)
2. Se generó el modelo derivado de pendientes (MDP)
3. Se generó un mapa temático raster a partir del MDP de pendientes <1%
4. Se realizó la vectorización del mapa temático

5. Selección de polígonos >100há.

Influencia de la red hidrográfica

Una de las variables que conforma el criterio, establece la condición que los humedales se encuentren en el área de influencia de la red hidrográfica, en particular, de ríos, arroyos y espejos de agua. Una posible solución es, mediante un software SIG, generar una zona de influencia a una distancia predefinida de los arcos de la capa de hidrografía

Suelos aptos

Se determinaron los tipos de suelos con características de retención de agua (drenaje pobre) del Sistema de Clasificación de Suelos del MGAP, a saber: Planosoles, Gleysoles, Fluvisoles, Histosoles, Arenosoles, Solonetz, Solonetz solodizados y Solods.

Se seleccionaron de la capa Grupos CO-NEAT aquellos que tuvieran como suelos dominantes los anteriormente nombrados para crear una nueva capa, la de Suelos aptos.

2.1. Humedal 100 %

Cabe recordar lo citado precedentemente en el criterio adoptado: "Se puede aseverar que el área ocupada conjuntamente por las cuatro variables del criterio contendrá sin lugar a dudas un humedal..." En efecto, en el caso de verificarse simultáneamente la condición de las cuatro variables sobre una misma superficie, se habrá detectado un humedal.

Para llegar a esta detección, se plantean los siguientes pasos:

* pbp (capa de polígonos de baja pendiente)

* sa (capa de suelos aptos)

* vh (vegetación hidrófila)

* hidro (capa de influencia de hidrografía)

a) Intersección de la capa de polígonos de bajas pendientes (pbp) con la capa de suelos aptos (sa) dando como resultado una nueva capa (pbp-sa).

b) Intersección de la capa pbp-sa con la capa de los polígonos de vegetación hidrófila (vh) obteniendo como resultado una nueva capa (pbp-sa-vh).

c) Intersección de la capa pbp-sa-vh con la capa de influencia de la hidrografía (hidro) obteniendo como resultado una nueva capa (pbp-sa-vh-hidro), la de 100%

humedal.

d) Se unen los polígonos pertenecientes a un mismo polígono de la capa de baja pendiente (pbp).

e) Generación del centroide a todos los polígonos de esa capa (pbp-sa-vh-hidro).

Como resultado, se tendrá que cada uno de esos centroides es un humedal detectado.

3. Delimitación del ecosistema humedal

Aunque es conveniente dividir el mundo vivo en ecosistemas diferentes, cualquier investigación revela pronto que rara vez hay límites definidos entre éstos y que nunca están del todo aislados.

3.1. Criterio

Los límites entre lo que se considera o no un humedal, son un tanto controversiales. La delimitación del área del ecosistema no es para nada una tarea trivial y como prueba de ello, existen diversos criterios que se pueden adoptar para delimitar el mismo.

Por ejemplo, a través de su cuenca hidrográfica teniendo en cuenta que el agua del que se abastecen proviene de toda el área de la cuenca. Otro criterio es el área que engloba el perímetro externo de los habitats característicos de los diversos tipos de humedales. La misma puede incluir partes más o menos extensas de tipos de habitats no característicos de humedales pero que mantienen una relación espacial y dinámica con estos. O el que se basa en que para validar un ecosistema y hacer una delimitación correcta del mismo, se necesita hacer una visita de campo con un equipo multidisciplinario.

Realizando el mismo supuesto utilizado para determinar las áreas 100% humedal, los autores asumen lo siguiente:

El valor porcentual de las áreas que ocupan cada una de las variables consideradas sobre la variable principal de baja pendiente, se pueden relacionar. Por lo antes mencionado se concluye que lo que se está en condiciones de inventariar, una vez detectado el humedal, es el área estimada que ocupa el ecosistema. Esta área será una parte porcen-

tual de los polígonos de bajas pendientes y se calculará mediante el siguiente algoritmo.

3.2. Algoritmo propuesto

Para realizar esto se tuvo que definir un factor que fuese representativo de la forma en que cada variable influye. El valor representativo seleccionado fue el porcentaje del área del polígono de baja pendiente que contiene a la variable, y se lo denominó "porcentaje de afectación".

Además de las tres variables: influencia de la red hidrográfica, suelos aptos y vegetación hidrófila, para el siguiente cálculo se considerara como una nueva variable la condición de 100% humedal.

$$pe = \frac{0,25 \times (\%hidro) + 0,50 \times (\%sa) + 0,75 \times (\%vh) + 1 \times (\%100h)}{2,50}$$

4. Análisis y Recomendaciones

a) Se recomienda, como paso previo a la clasificación, un análisis visual de la imagen satelital que permita expeditivamente detectar si hay más de un tipo de humedal en el área abarcada por la imagen. En el caso de confirmarse esto, se recomienda testear si la firma espectral de la vegetación hidrófila asociada a cada uno, se corresponde con las demás, ya que esto no pudo ser realizado por el área piloto elegida.

b) En las distintas etapas donde se hacen filtrados de información en función del área, los valores de área mínima adoptados deben ser coherentes entre ellos y se recomienda que sean establecidos en función de la escala del inventario a generar.

c) Se puede observar que las áreas consideradas 100% humedal estaban condicionadas indistintamente por las cuatro variables, siendo la hidrografía la más limitante.

Por esto se recomienda profundizar el análisis en lo que se refiere a la distancia adoptada para generar la zona de influencia de la hidrografía. Un elemento a tener en cuenta podría ser la adopción de una función que aumentase la llanura de inundación en función de la cuenca (aumentaría al ir aguas abajo).

d) Vale mencionar, que una vez obtenidos los polígonos de 100% humedal, se puede obtener el número total de humedales de la zona en estudio e identificar visualmente, a grandes rasgos, los ecosistemas principales de esta.

e) En cuanto al algoritmo para el cálculo del porcentaje del ecosistema (pe), este fue creado a los efectos de poder aplicar la metodología, pero puede ser modificado.

f) Además de la detección y el cálculo del área estimada, el formato y la riqueza de información del producto final, permitirá mediante un SIG, hacer análisis espaciales que profundicen en los aspectos más relevantes a criterio del usuario.

g) Sería interesante aplicar la metodología para una misma zona en diferentes épocas (húmeda, intermedia y seca) para analizar la obtención de distintos resultados.

5. Conclusiones

La adopción de una definición y clasificación para el Uruguay, fue imprescindible para la concreción del proyecto, pero se entiende que se debería llegar a un consenso nacional en el tema por parte de los actores involucrados.

En cuanto a la definición de un criterio técnico para la detección, fue necesario buscar la ayuda de profesionales de otras disciplinas, lo cual confirma que al tratarse de una temática tan compleja, el estudio de los humedales requiere claramente de un grupo multidisciplinario de trabajo.

Una vez obtenidos los datos de las variables, se pudo apreciar que se distribuían espacialmente según lo esperado, confirmando que su elección fue acertada para definir el criterio. Así, analizando los porcentajes de afectación de cada variable sobre los polígonos de bajas pendientes sobresale que, en las zonas que se detectaron humedales, el porcentaje de 100% humedal está en el orden del 18%.

En lo que refiere a la elección de la técnica óptima para detectar vegetación hidrófila, se investigó profundamente la

temática, consultando los trabajos relacionados a nivel internacional. Se está conforme con la elección realizada, teoría ampliamente confirmada al aplicarla en el área piloto.

En lo que respecta al diseño de la metodología, es la primera realizada en el país (En Uruguay no existe un inventario nacional sino información aislada) y se comprobó que el método sirve para el fin propuesto, detectando humedales y estimando el área de su ecosistema. Por último y en cuanto al diseño de un procedimiento para inventariar Humedales, los autores encuentran que como el objetivo de la metodología es el de inventariar, se reconoce que su aplicación está limitada por los materiales y técnicas utilizadas, por lo que no se delimita exhaustivamente el ecosistema. Sin embargo la metodología diseñada es fiable para la detección y el área estimada es un dato válido para un inventario.

6. Perspectivas

La presente investigación definió una metodología para inventariar humedales, haciendo uso de tecnología avanzada y de los conocimientos adquiridos por los autores. Teniendo como objetivo final, que ésta metodología sirva de herramienta como etapa previa a una gestión de humedales, poniéndola a disposición de las instituciones competentes. Que la información se encuentre en un Sistema de Información Geográfico, permitirá a los gestores, usuarios finales, generar y manipular cartografía específica, permitiéndoles realizar el análisis de sus áreas de influencias, determinación de corredores biológicos entre los humedales, comparaciones multitemporales, entre otros.

7. Bibliografía

- Clara M. y Maneyro R., Humedales del Uruguay - El ejemplo de los Humedales del Este. www.unesco.org.uy/mab/documentospdf
- Cousillas Marcelo J. (2001), El desarrollo del Derecho Ambiental Nacional.
- Determinación de humedales tipo Ila-

nuras de inundación en la Tco Guayaquiles Santa Cruz-Bolivia. <http://www.museonoelkempff.org/informacionDis/pdf/tesis/geografia/tesislvonneRivas.pdf>

- Escalone Miguel Ing. Agr., Constitución General del Suelo.
- Fortezza Arturo Ing.Civil, Apuntes de Caminos.
- Giraut M., Minotti P., Ludueña S., Integración de Imágenes SAC-C, Landsat y Spot pancromático para la determinación de susceptibilidad hídrica.
- Hacia la conservación de los Humedales de Colombia: Bases científicas y técnicas para una Política Nacional de Humedales, (1998), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Huang C., B. Wylie, L.Yang, C. Homer y G. Zylstra, Derivation of a Tasseled Cap Transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance.
- Inventario Nacional de Humedales de Colombia
- Inventario Nacional de Humedales de Guatemala.
- La Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, algunas aplicaciones en el Uruguay (2001). INIA. www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones
- Martínez Tudela Ignacio, Detección de cambio de cobertura del suelo usando imágenes de satélite Landsat.
- Molino J.H., Califa A. (2001), Aguas disponibles en los Suelos del Uruguay, INIA. www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones
- Pautas para la elaboración de un Plan de Manejo para el Área de Esteros de Farrapos (2002), Convenio DINAMA - Facultad de Ciencias.
- Pinilla Ruiz Carlos (1995), Elementos de Teledetección.
- Praderi Raul, Vivo Jorge, Ríos y Lagunas - Plan Director para la Reserva de Biosfera Bañados del Este, PROBIDES.
- Ruiz Bustos Mónica (2003), Aplicaciones cartográficas de la Teledetección
- Un Marco para el Inventario de Humedales, RAMSAR.